1　敷地内活断層・地層断層から活断層であるかを決める

2　プレート境界型巨大地震の断層モデルの策定方法

3　内陸型活断層の断層モデル（規模）の策定手法

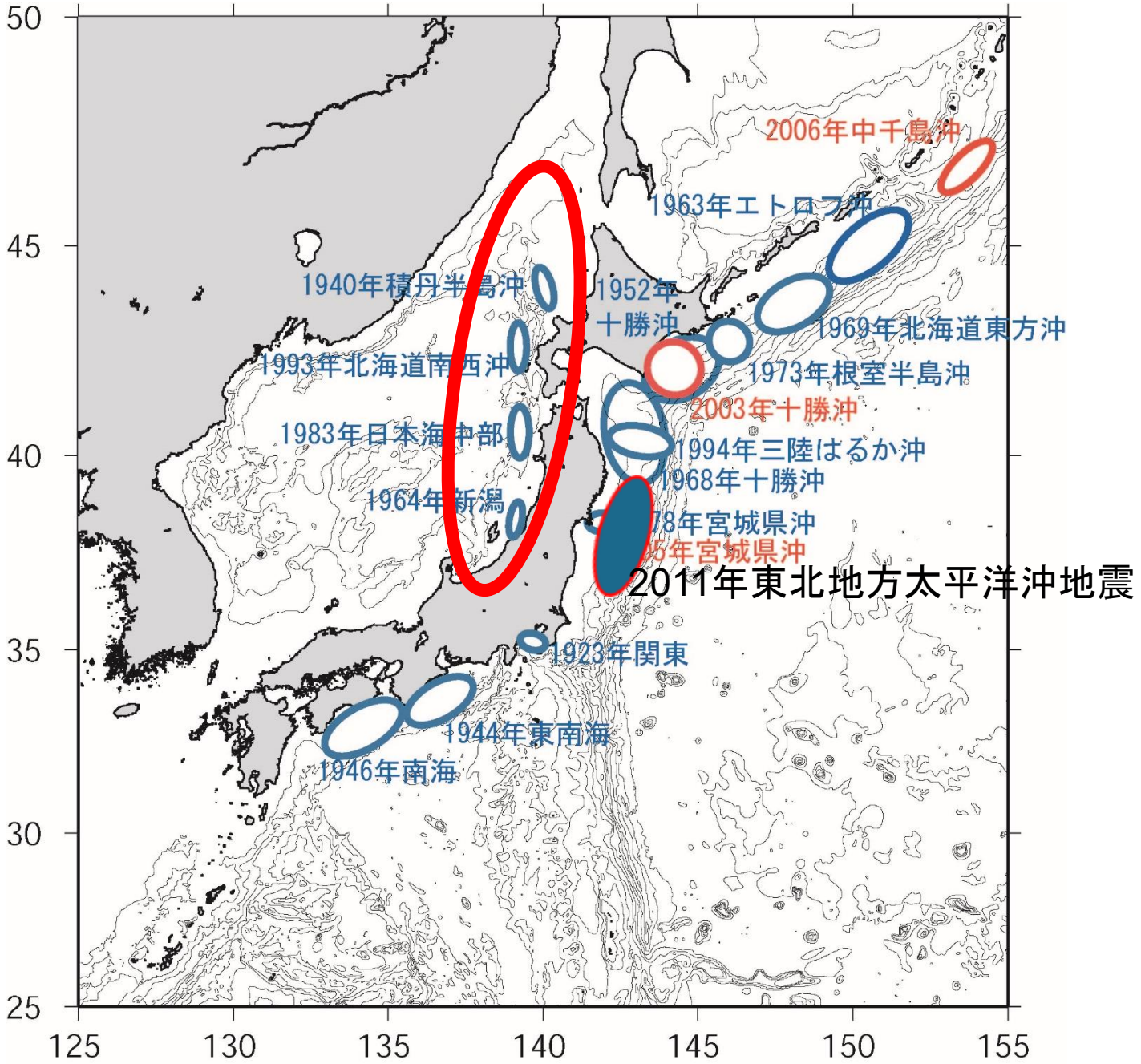
震源を特定できない大地震の存在

4　海域活断層の断層モデルの評価

5　海域地震による津波モデルの策定手法

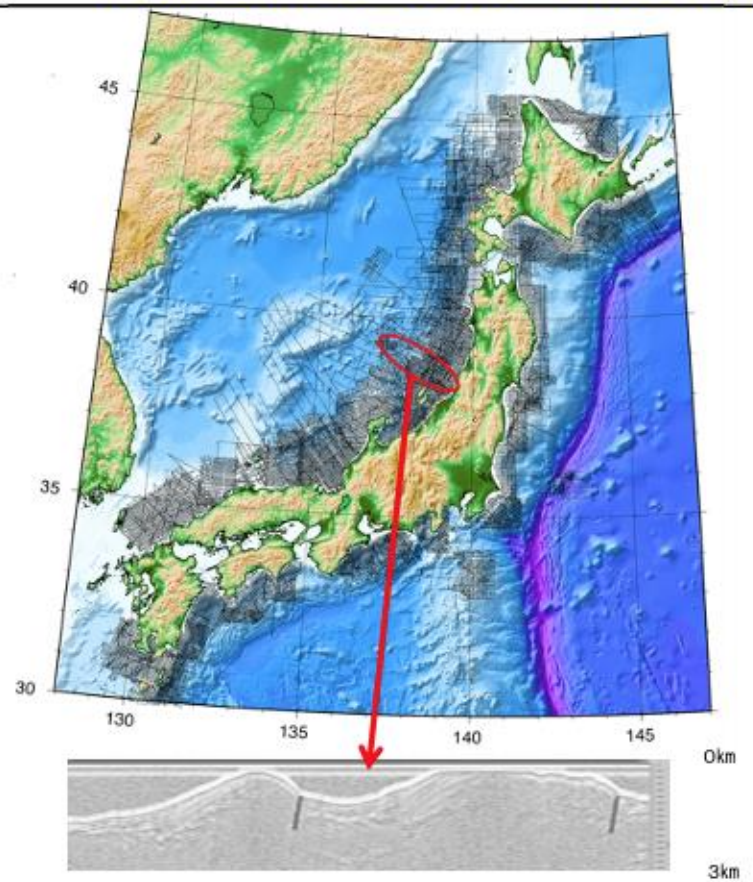
6　地すべりによる津波

最近の巨大地震

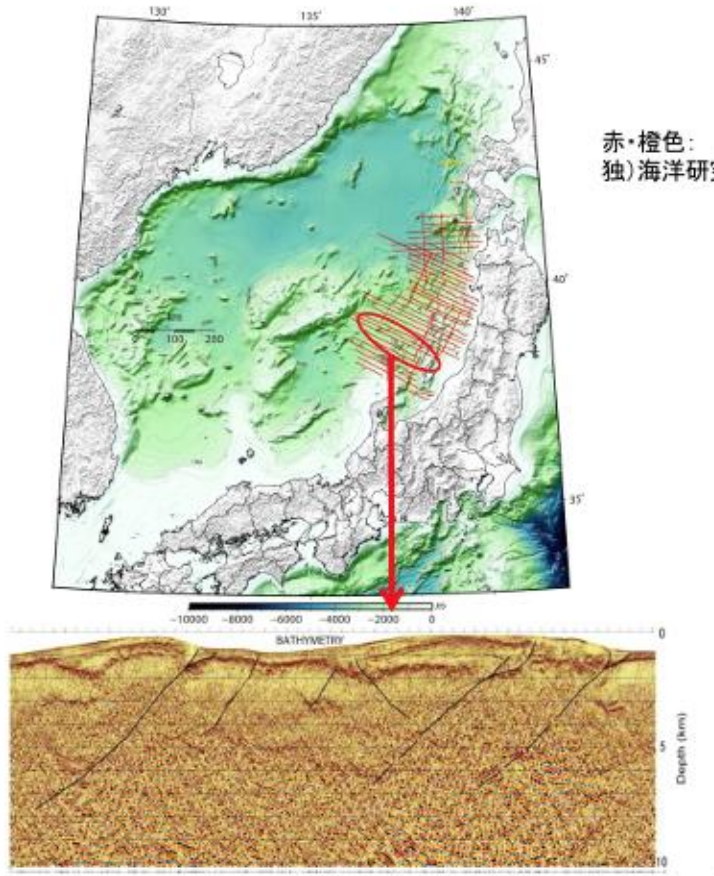

50
45
40
35
30
25
125
130
135
140
145
150
155
2006年中千島沖
1963年エトロフ沖
1940年積丹半島沖
1952年
十勝沖
1969年北海道東方沖
1993年北海道南西沖
1973年根室半島沖
2003年十勝沖
1983年日本海中部
1994年三陸はるか沖
1968年十勝沖
1964年新潟
78年宮城県沖
5年宮城県沖
2011年東北地方太平洋沖地震
1923年関東
1944年東南海
1946年南海

津波の発生要因となる大規模地震の津波断層モデルの検討
（最新の知見・データの収集①）

産業技術総合研究所や海洋研究開発機構等の既存の反射法地震探査データを収集
⇒津波の発生要因となる日本海の海底断層の位置・長さ・傾斜角等の設定



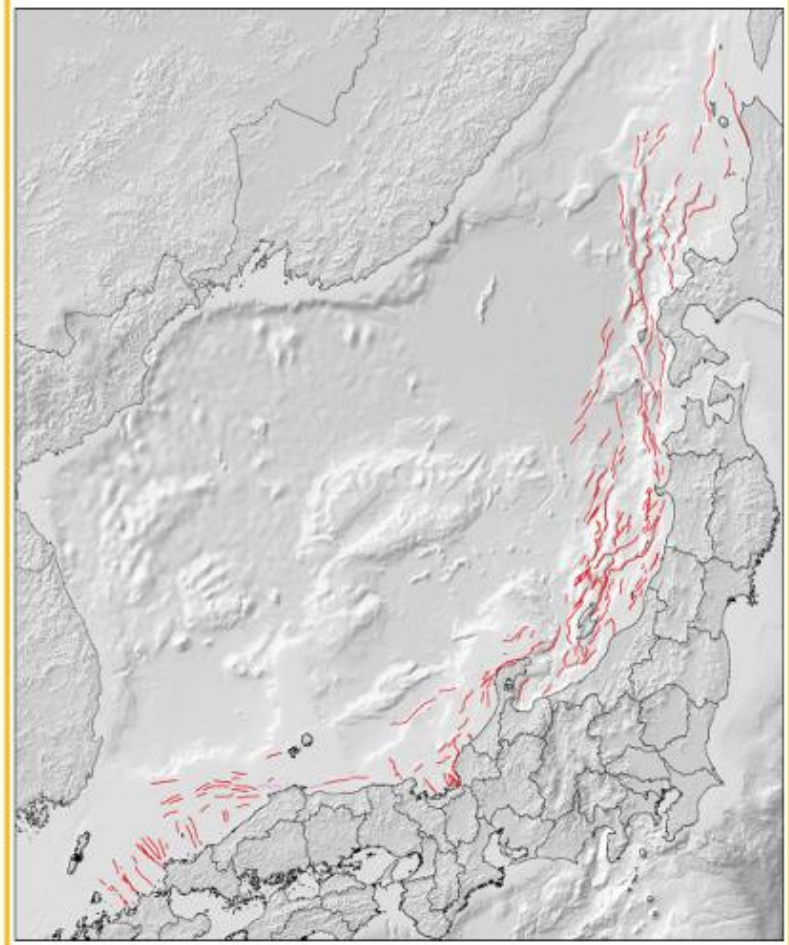
●独立行政法人　産業技術総合研究所の探査データ
（特徴：観測密度が大きいが、深いところまでは見えない）



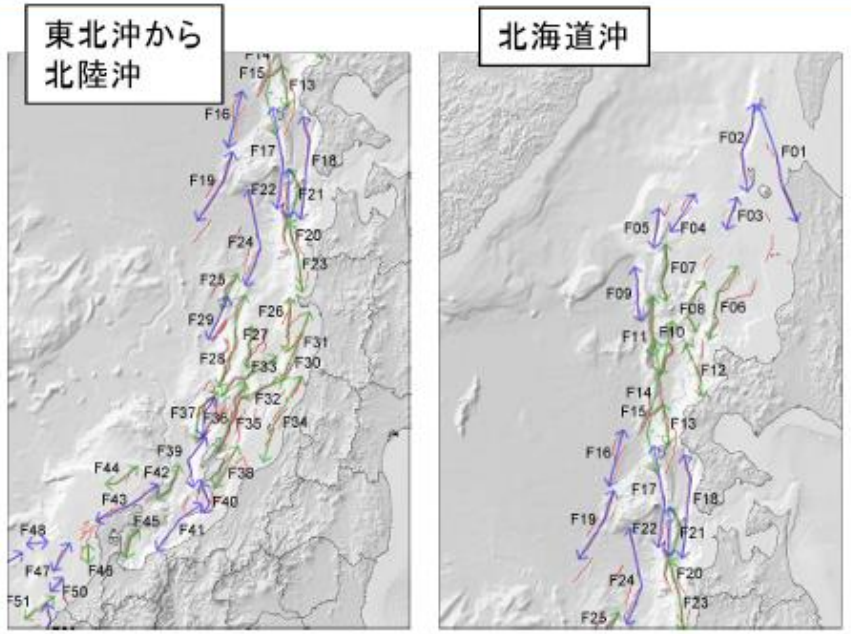
●独立行政法人　海洋研究開発機構の探査データ
（特徴：観測密度は小さいが、深いところまで見える）

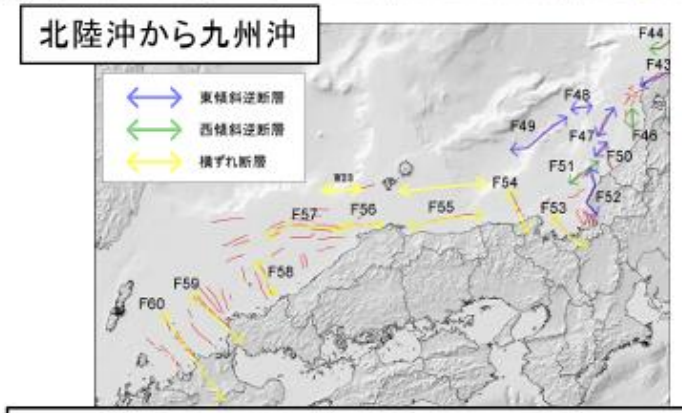
【40】出典：「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省）（https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）

津波の発生要因となる大規模地震の震源断層モデルの検討



今回設定した海底断層トレース

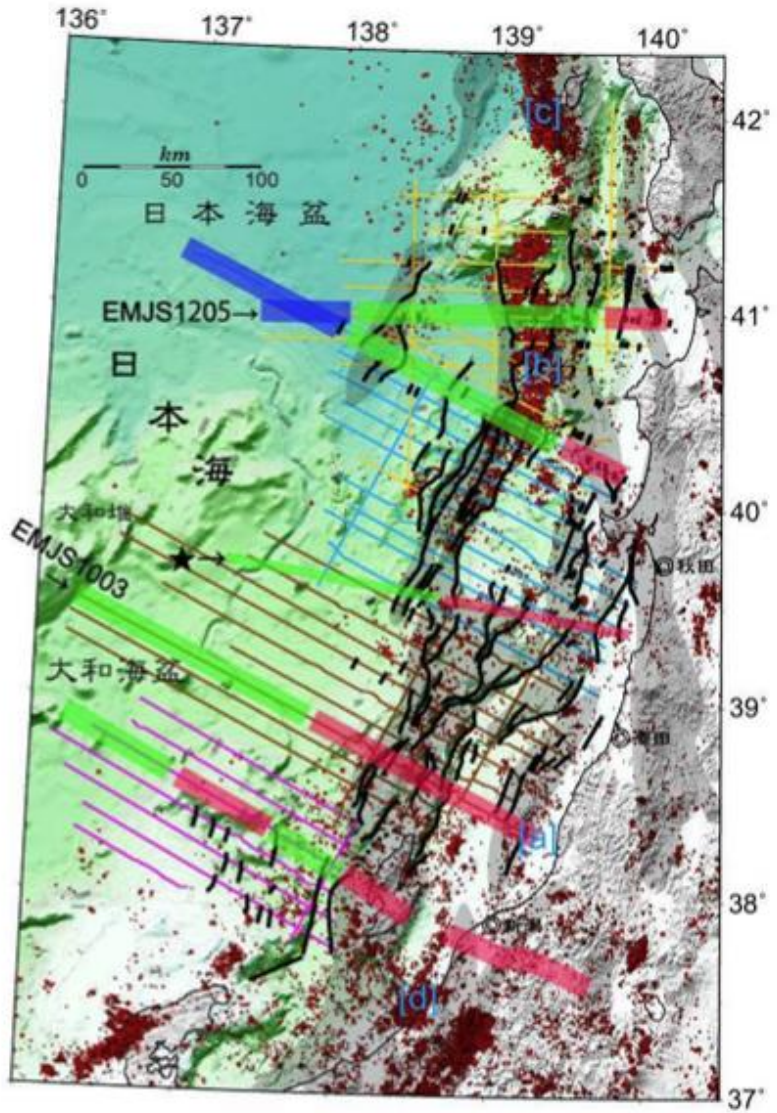




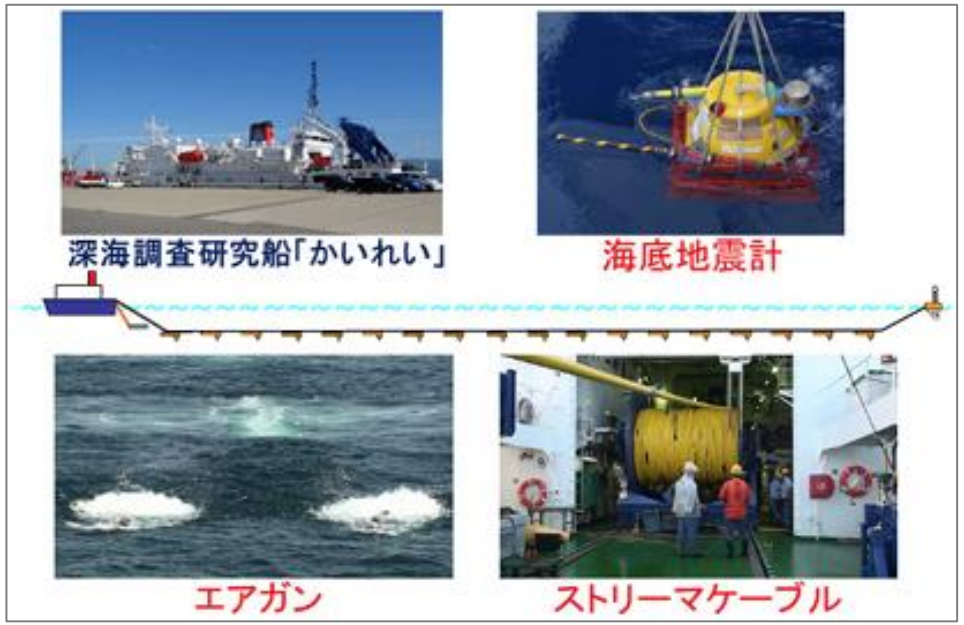
今回設定した断層のグルーピング結果

【41】出典：「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省）（https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）

ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト 総括成果報告書（JAMSTEC）



【42】



【43】

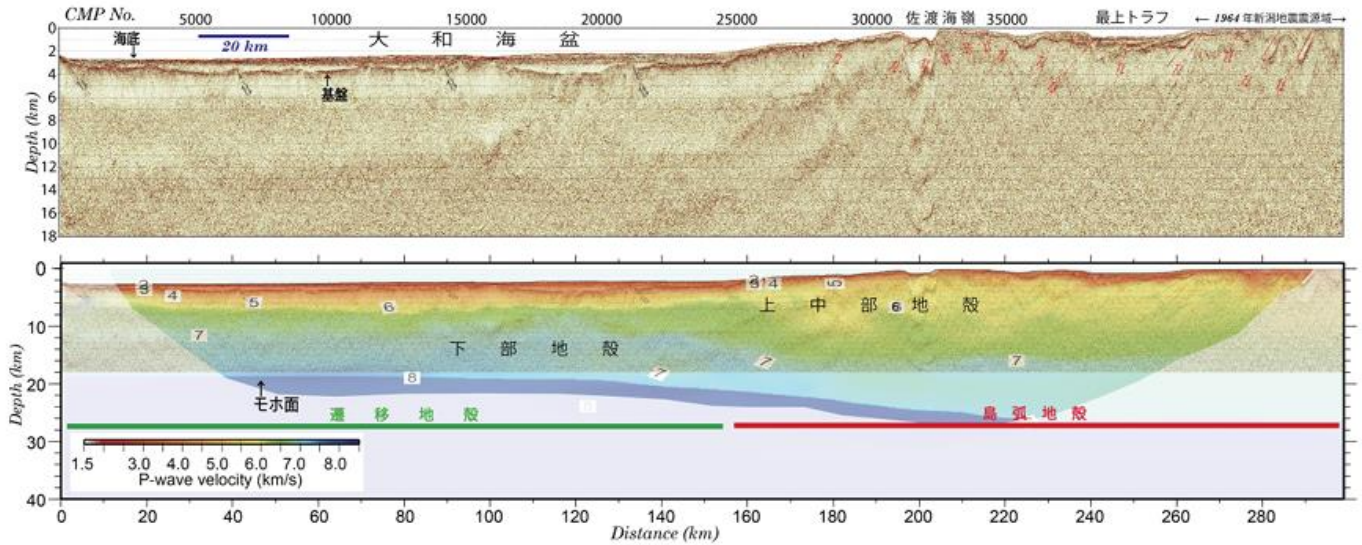


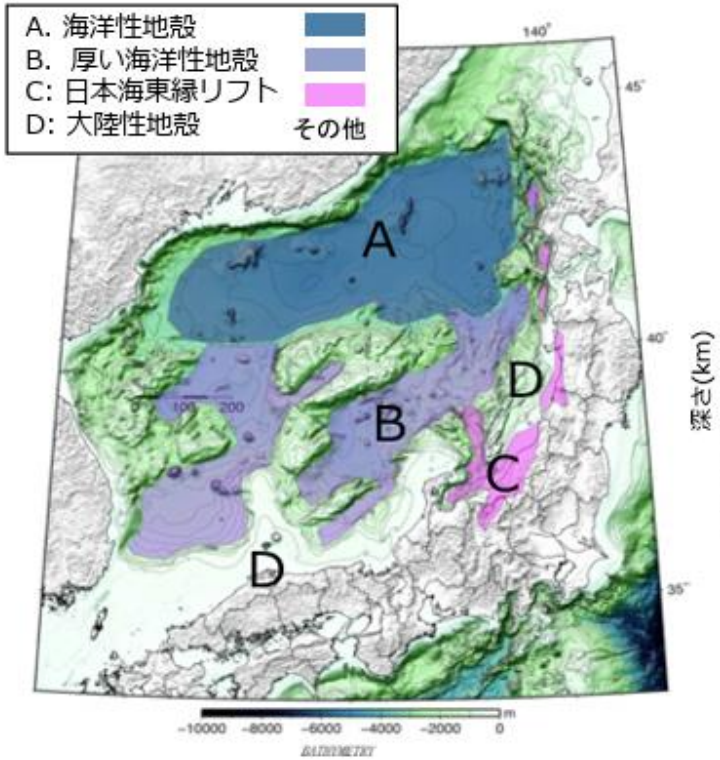
図3　1964年新潟地震震源域～大和海盆（測線EMJS1003）における地震探査のイメージングの結果。（上）反射法地震探査イメージングの結果。（下）海底地震計による地震波速度構造。

【44】

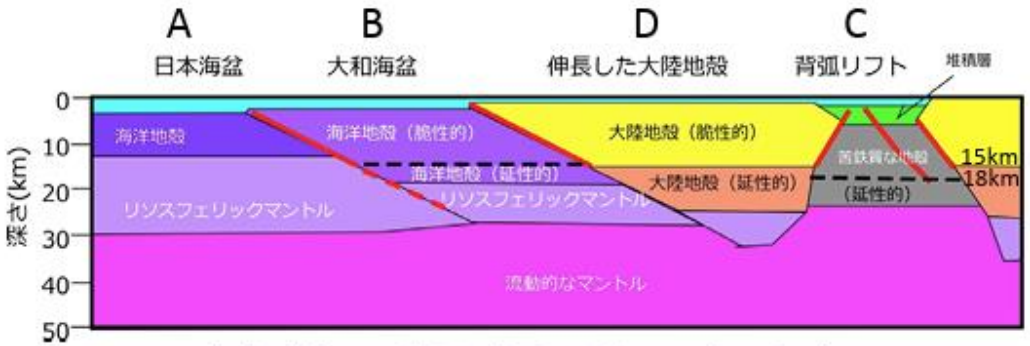
【42】【43】【44】出典：文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 総括成果報告書」防災科学技術研究所, 2013, 2-2, 【42】図1 【43】図2 【44】図3

津波の発生要因となる大規模地震の震源断層モデルの検討
（最新の知見・データの収集②）

・日本海の地殻構造等に関する最新の知見を収集し、断層下端の深さを設定(15kmと18km)



日本海の地殻構造の区分
（佐藤・他，2014）



日本海東部の地震発生層（断層の深さ）の概念図
（佐藤・他，2014）

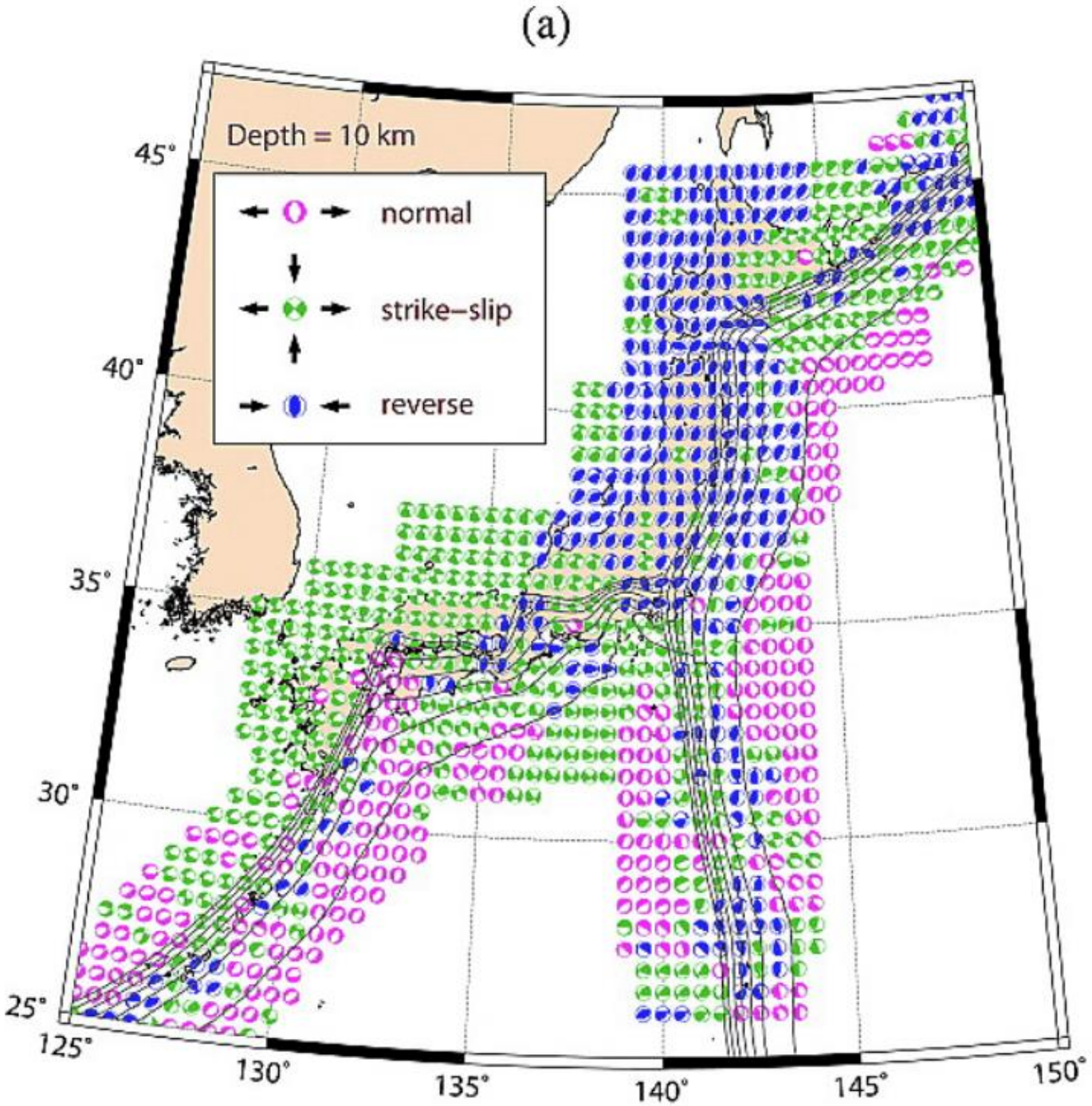
⇒地殻構造から領域およびそれらの境界ごとに断層の下端の深さを設定(15kmと18km)

【45】出典：「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省）（https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）

海底の活断層の断層の位置が判明

メカニズムは不明

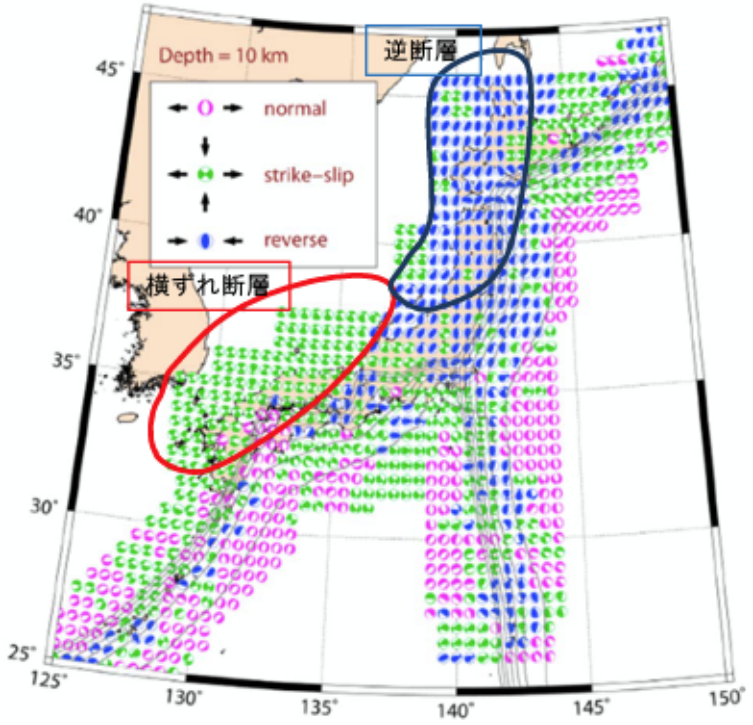
広域の応力場が断層にかかった場合の断層のすべり方向を推定



【46】出典：「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省）（https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）を加工（一部切り抜き等）

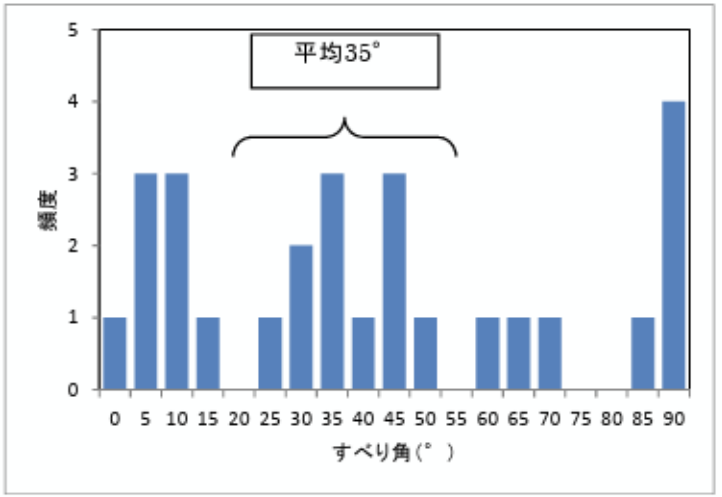
津波の発生要因となる大規模地震の津波断層モデルの検討
（最新の知見・データの収集③）

地震解析等による日本周辺の応力場、日本海側の内陸地震の地表断層の変位データを収集
⇒今回設定した各断層の位置における応力の方向から断層すべりの方向を設定
横ずれ断層については、すべり角35°として津波に影響を与えるすべりの鉛直方向を考慮



Terakawa & Matsu'ura (2010)

地震発生メカニズム解データに
基づいて推定した三次元構造応力場
(Terakawa & Matsu'ura, 2010)

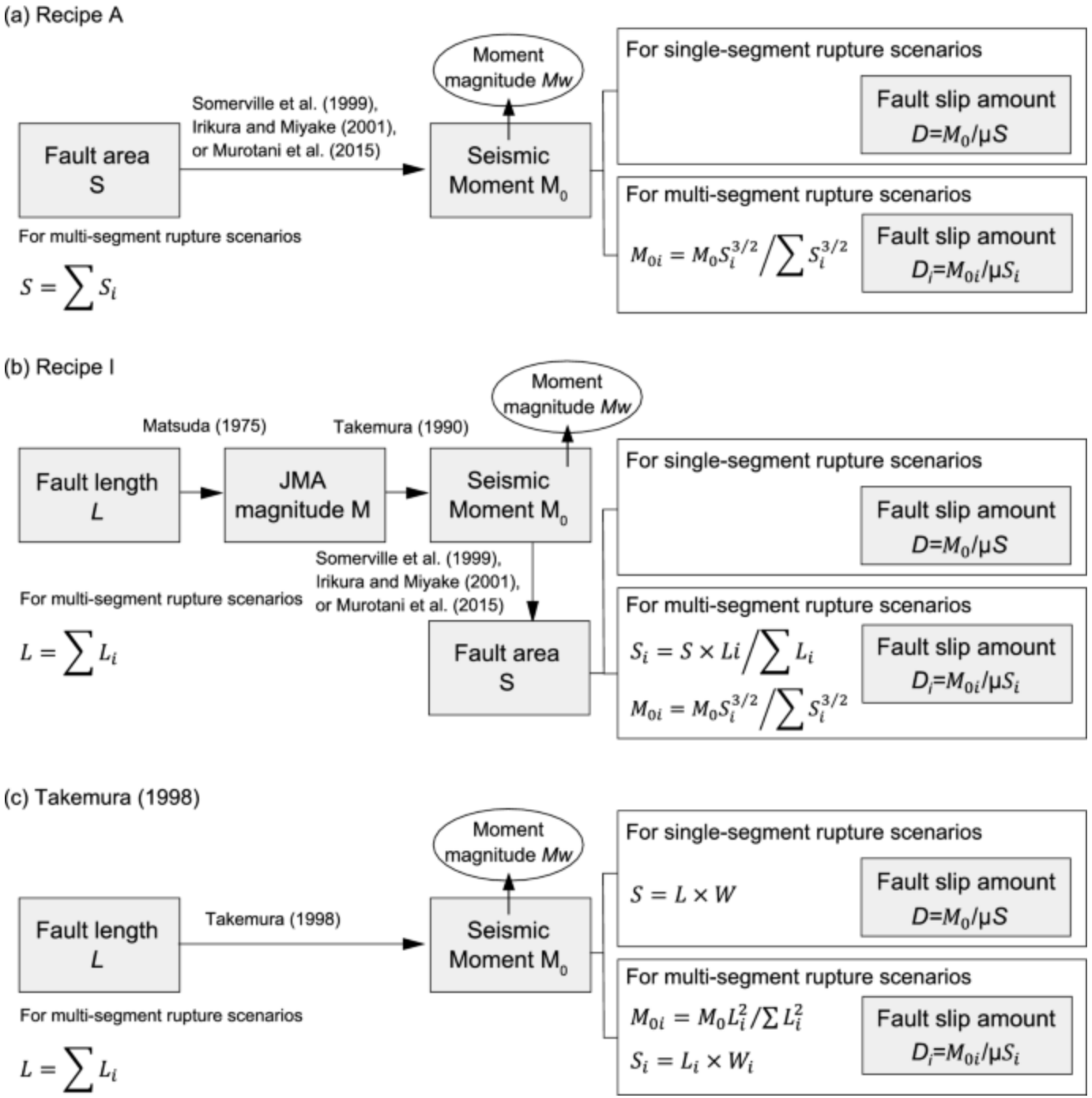


1943年鳥取地震での地表地震断層のすべり角の
頻度分布（金田・岡田(2002)のデータから作成）

横ずれ断層については、すべり角を35°として、
津波の想定に影響の大きい鉛直方向のすべり量
を与える。

【47】出典：「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省）（https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）

スケーリング則により すべり量を推定する様々な方法



【48】出典：CC BY 4.0 / Satake, K., Ishibe, T., Murotani, S., Mulia, I. E., & Gusman, A. R. (2022). Effects of uncertainty in fault parameters on deterministic tsunami hazard assessment: examples for active faults along the eastern margin of the Sea of Japan. Earth, Planets and Space, 74(1), 36.

1　敷地内活断層・地層断層から活断層であるかを決める

2　プレート境界型巨大地震の断層モデルの策定方法

3　内陸型活断層の断層モデル（規模）の策定手法

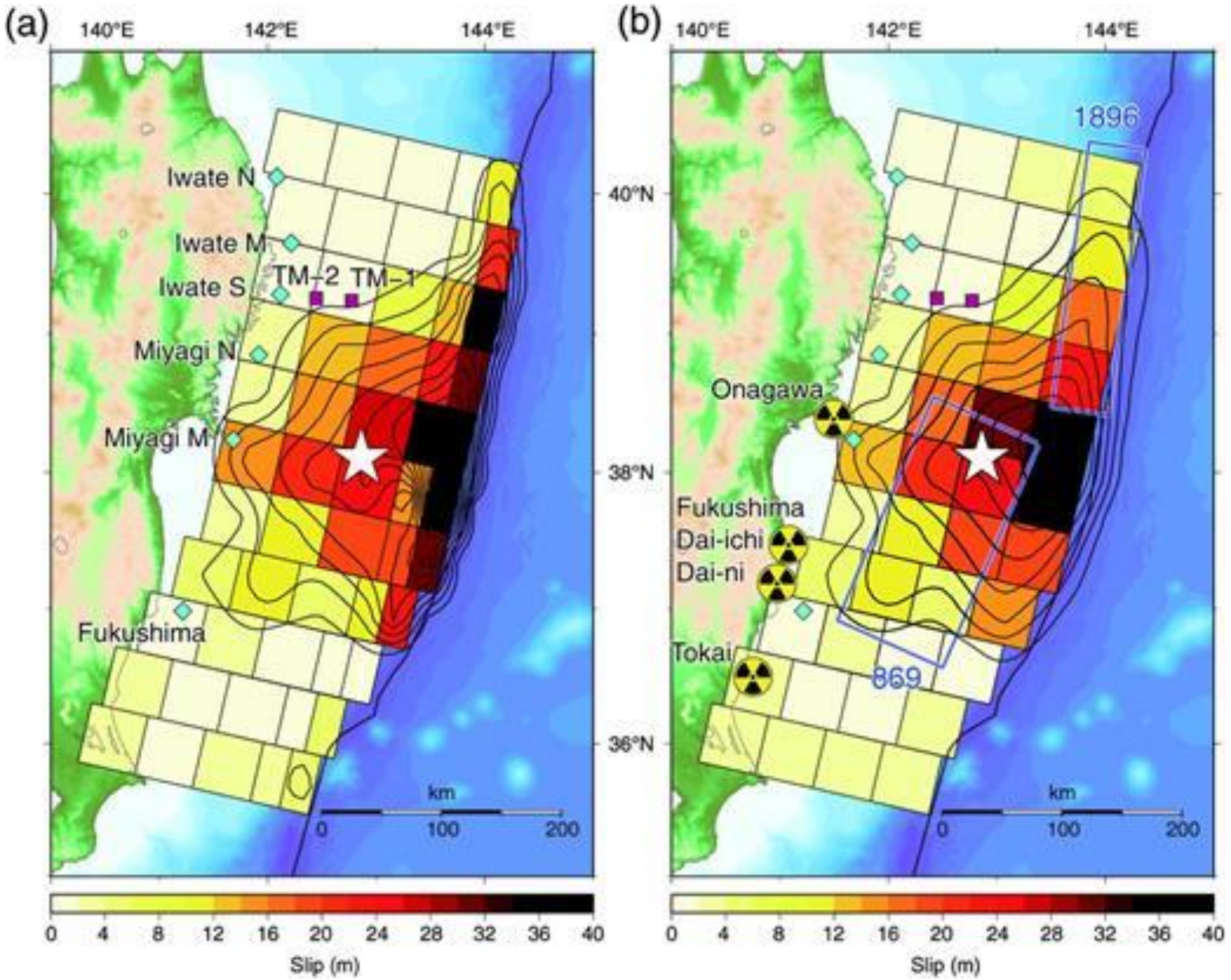
　　震源を特定できない大地震の存在

4　海域活断層の断層モデルの評価

5　海域地震による津波モデルの策定手法

6　地すべりによる津波

2011年東北地方太平洋沖地震の震源過程



【49】Used with permission of Seismological Society of America, from The Bulletin of the Seismological Society of America, Kenji Satake, 103 2B, 2013; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

(d) 平均すべり量

波源断層全体の平均すべり量 D (m)と地震モーメント M_0 (N･m)の関係は、波源断層の面積 S (m^2)と剛性率 μ (N/m^2)を用いて、

$$D = M_0 / (\mu \cdot S) \quad \cdots\cdots (2)$$

で表される。剛性率は、波源断層が分布する領域の媒質の標準的な値とし、地震発生層の密度 ρ (kg/m^3)、S 波速度 β (m/s)を用いて、

$$\mu = \rho \cdot \beta^2 \quad \cdots\cdots (3)$$

により算出する。

「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部）（https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）より引用

表１　日本周辺のプレート境界周辺の媒質の剛性率

深さ（土木学会，2016 の分類を参考）	全国１次地下構造モデル（暫定版）の物性値	剛性率
断層面全体が深さ 20km 以浅に存在する場合	上部地殻の物性値 $\beta = 3.4$ km/s $\rho = 2.7$ g/cm^3 $\Rightarrow \mu = 3.12\times10^{10}$ N/m^2 下部地殻の物性値 $\beta = 3.8$ km/s $\rho = 2.8$ g/cm^3 $\Rightarrow \mu = 4.04\times10^{10}$ N/m^2 この中間的値とする。	3.5×10^{10} N/m^2
断層面全体が深さ 20km 以深に存在する場合	マントルの物性値 $\beta = 4.5$ km/s $\rho = 3.2$ g/cm^3 $\Rightarrow \mu = 6.48\times10^{10}$ N/m^2	6.5×10^{10} N/m^2
断層面全体が深さ 20km 以浅と以深にまたがって存在する場合	上記の中間的な値とする。	5.0×10^{10} N/m^2

全国１次地下構造モデル（暫定版）（地震調査委員会，2012）の物性値に基づく日本周辺のプレート境界周辺の媒質の剛性率は、表１のとおりである。

【50】出典：「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部）（https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）

大すべり域の設定

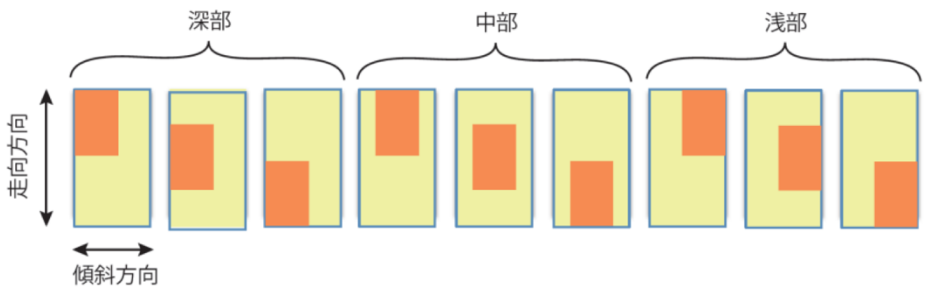


図５　大すべり域の設定例

（橙色が大すべり域、黄色が背景領域を表す）

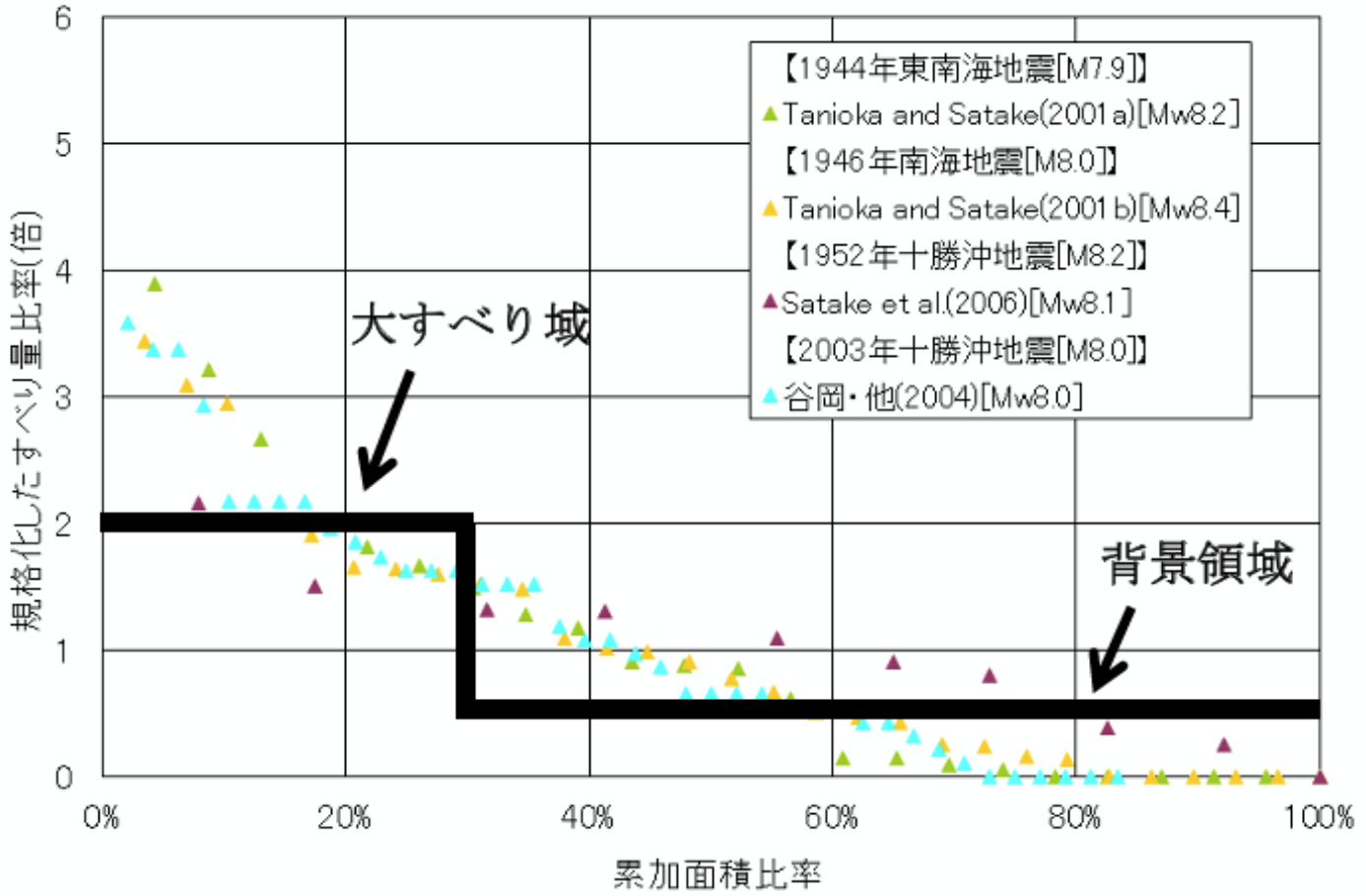
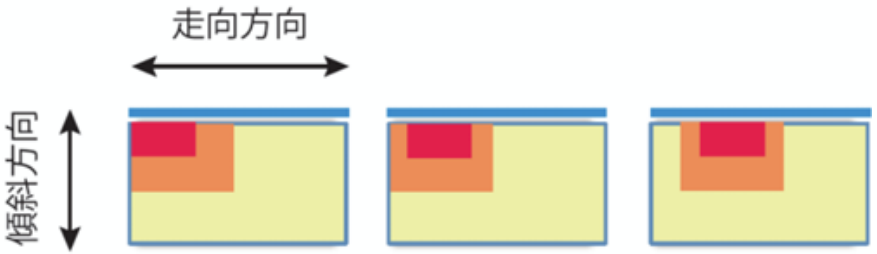


図６　巨大地震における規格化したすべり量比率と累加積分比率の分布

図中の黒太線は特性化波源断層モデルのパラメータを表す。

左【51】右【52】出典：「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部）（https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）

超大すべり域の設定



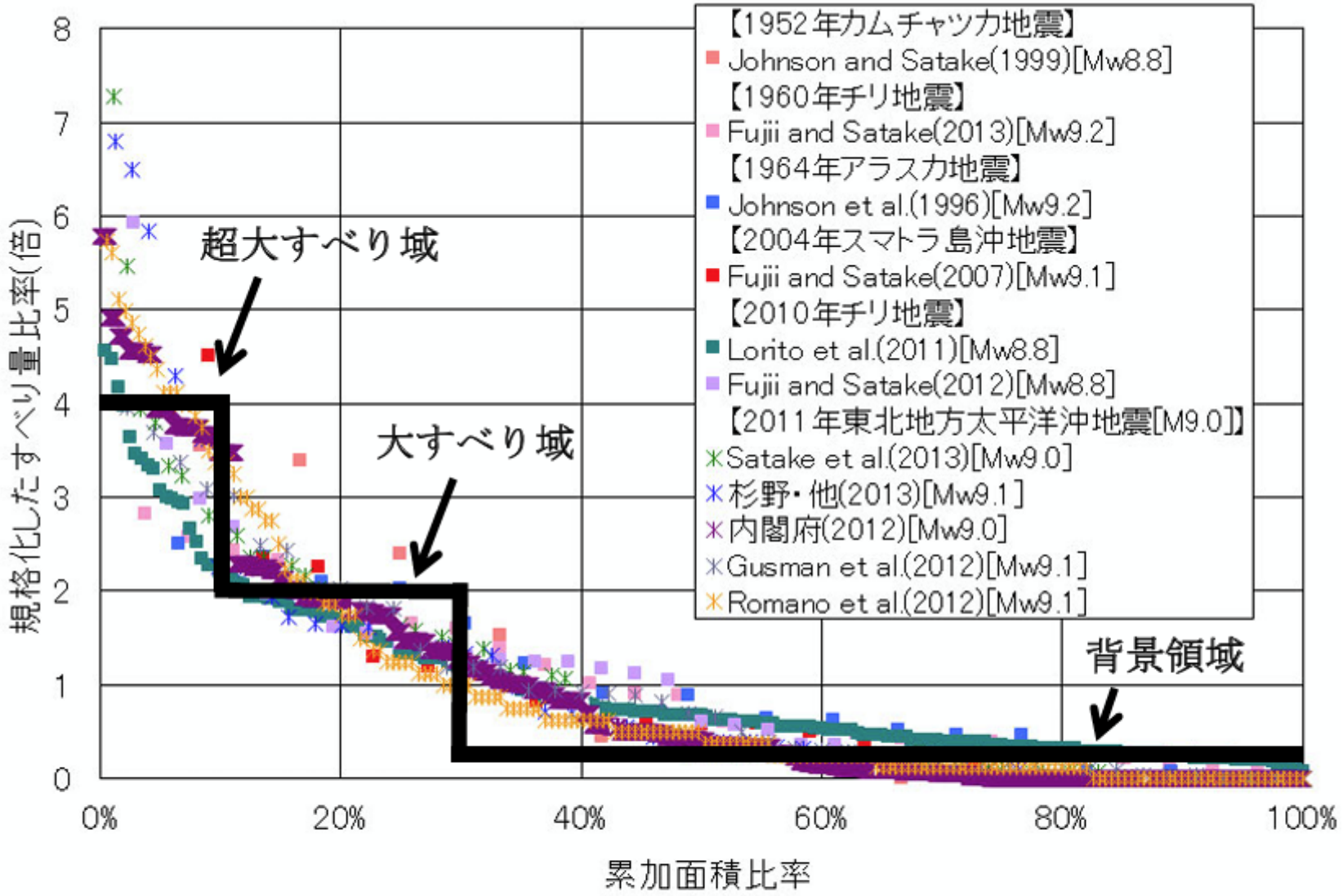
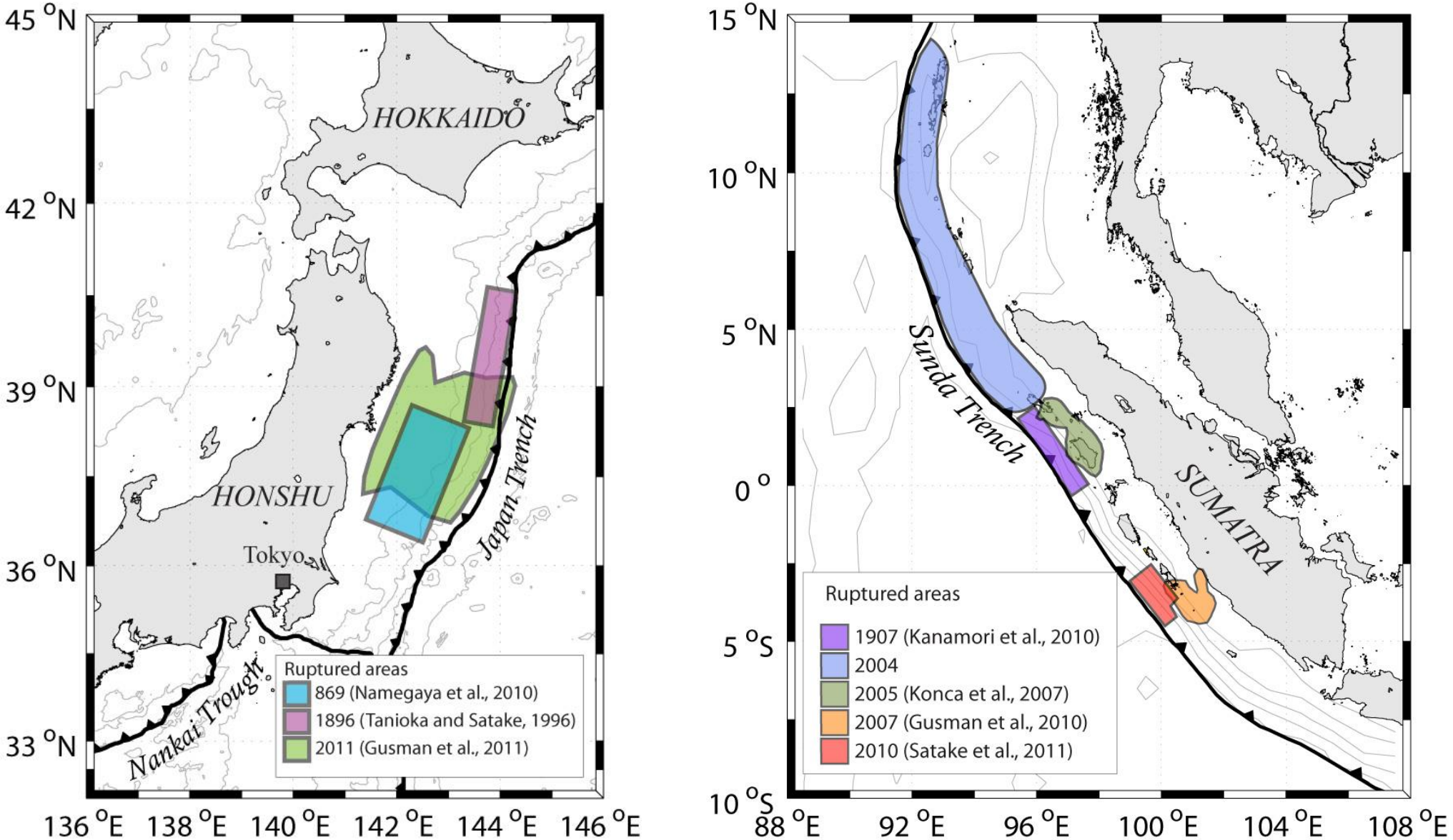


図８　超巨大地震における規格化したすべり量比率と累加積分比率の分布
図中の黒太線は特性化波源断層モデルのパラメータを表す。

左【53】右【54】出典：「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部）（https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）（【53】は加工して使用（一部切り抜き））

Tsunami earthquake and Great underthrust earthquakes



左【16】右【20】出典：谷岡勇市郎, (2012), 2011年東北地方太平洋沖地震による津波解析結果から再検討する巨大津波の発生様式, 地震 第2輯, 64(4), 265-270.

Mechanism of tsunami earthquakes

1． Slow and long rupture processes of earthquakes
（Kanamori, 1972)

Earthquake sources within shallow sedimentary layers
（Fukao, 1979; Okal, 1988）

Earthquake sources in the plate boundary near the trenches
（Pelayo and Wiens, 1992; Satake and Tanioka (1999)

2. Landslides caused by earthquakes

1　敷地内活断層・地層断層から活断層であるかを決める

2　プレート境界型巨大地震の断層モデルの策定方法

3　内陸型活断層の断層モデル（規模）の策定手法

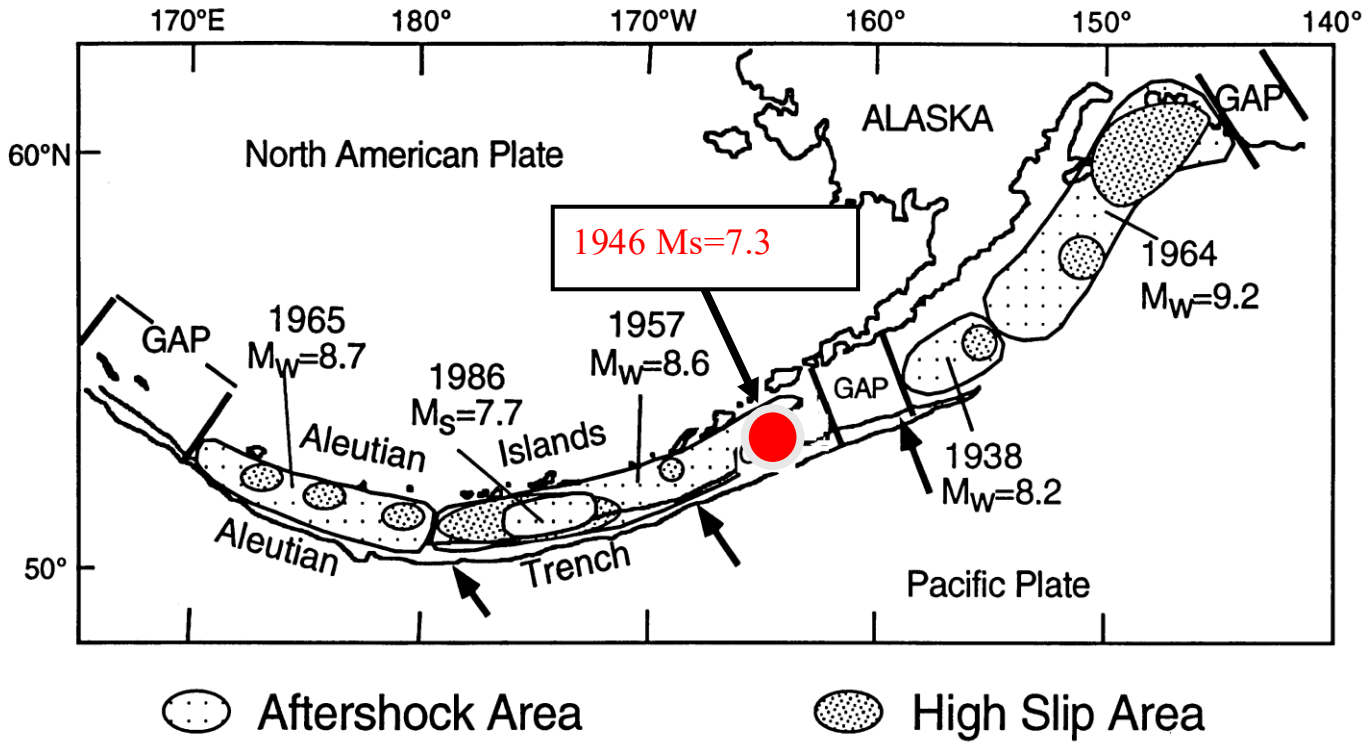
　　震源を特定できない大地震の存在

4　海域活断層の断層モデルの評価

5　海域地震による津波モデルの策定手法

6　地すべりによる津波

1946 Aleutian tsunami earthquake



【55】Reprinted from Advances in Geophysics, Vol.39 , Renata Dmowska. Barry Saltzman., Tsunamigenic Earthquakes and Their Consequences, 102, 1998, with permission from Elsevier.

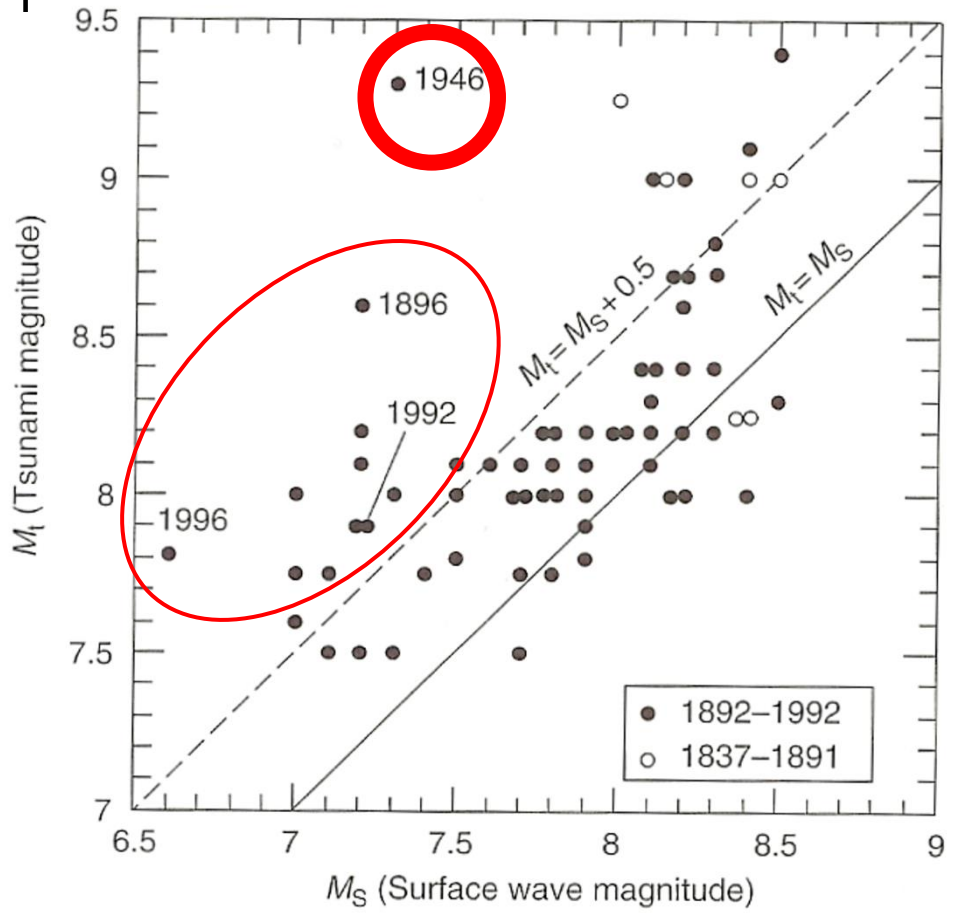
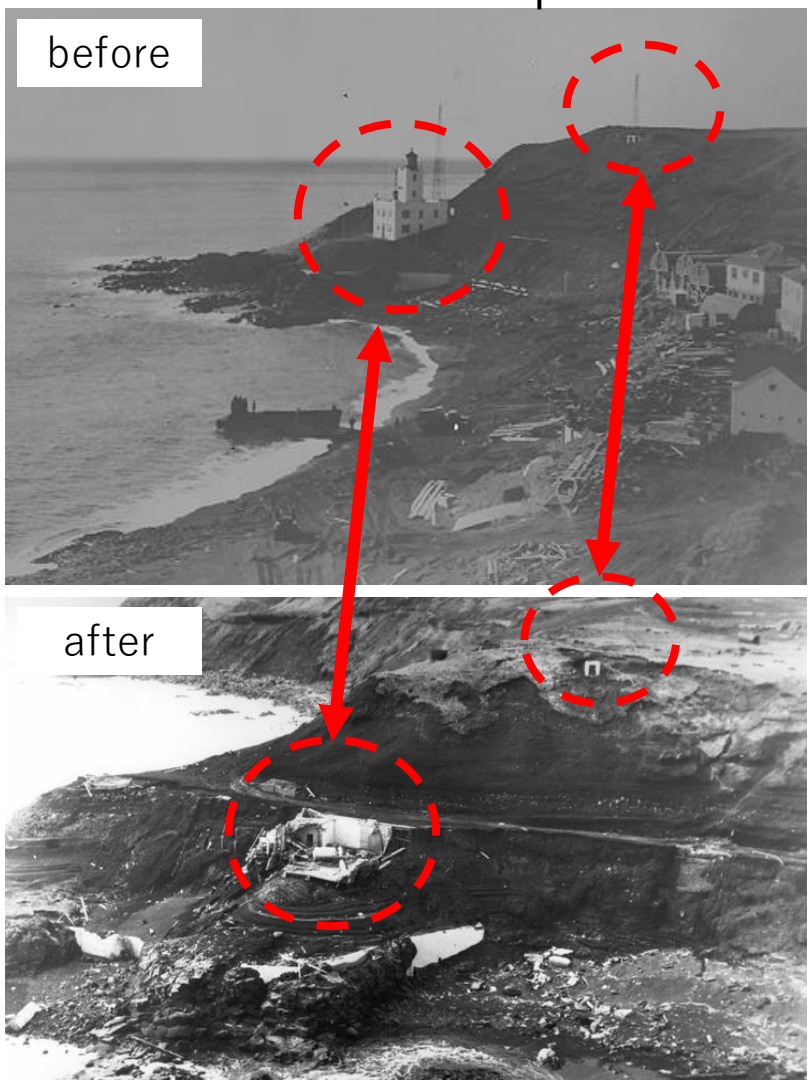


FIGURE 2 Relation between M_t (tsunami magnitude) and M_S (surface wave magnitude). A similar plot by Abe (1979) is updated by replacing with more recent estimates of M_S and by adding data for tsunamis since 1979. "Tsunami earthquakes" (above the dashed line) have M_t larger than M_S by more than 0.5 units.

【56】Reprinted from International Geophysics, Vol.81 Part A, Kenji Satake, 28 - Tsunamis, 437-451, 2002, with permission from Elsevier.

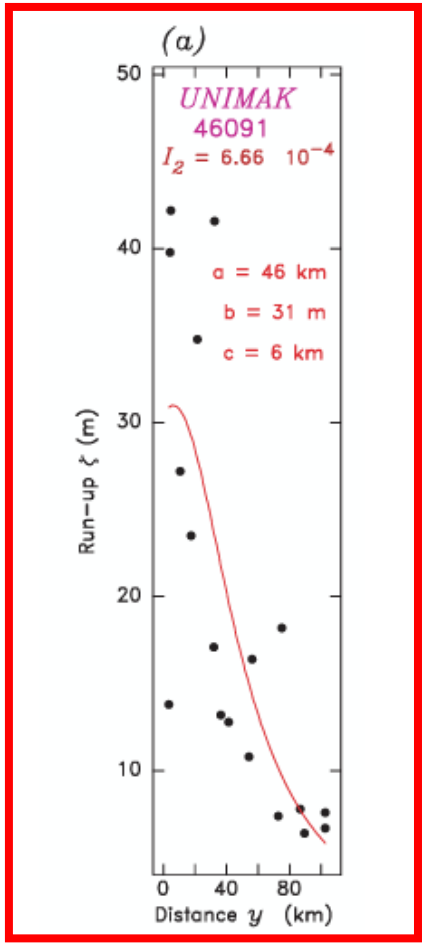
Tsunami near the source area

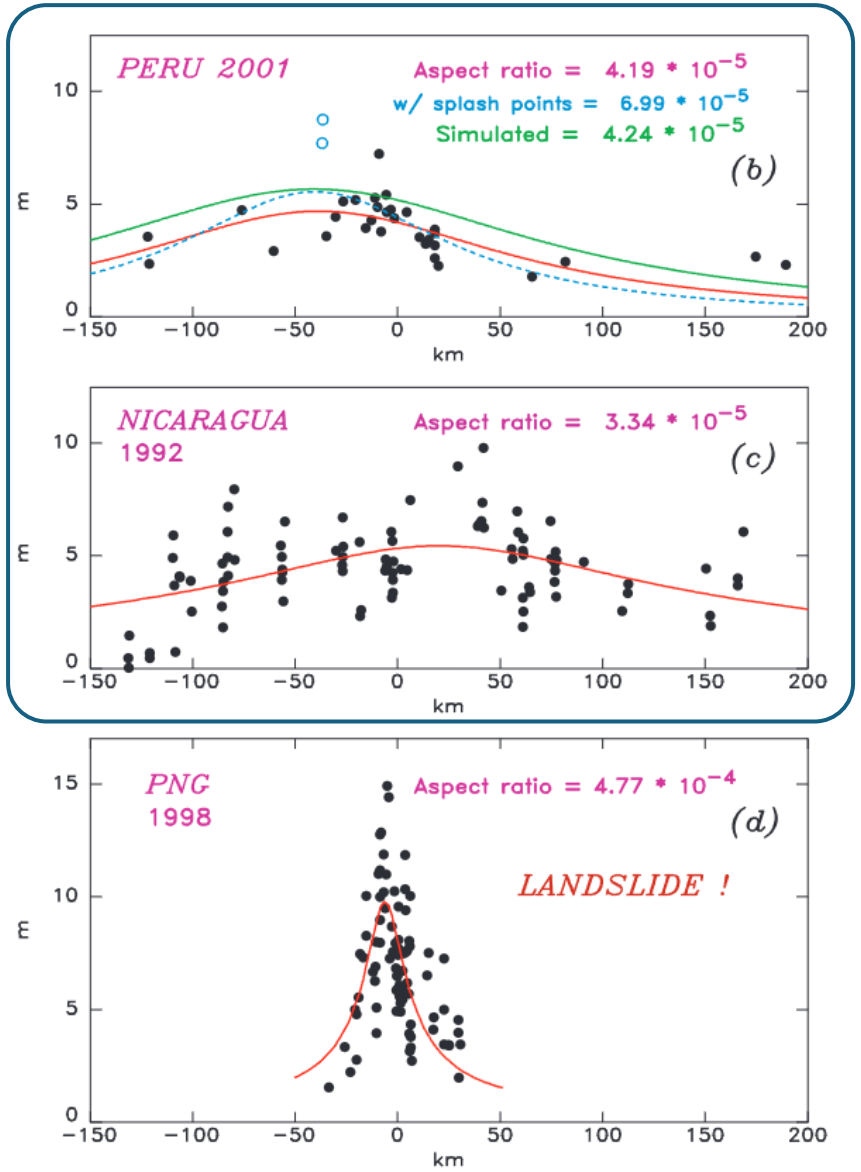
Scotch Cape



$$\zeta = \frac{b}{\left(\frac{x-c}{a}\right)^2 + 1}$$

$$A = b/a$$



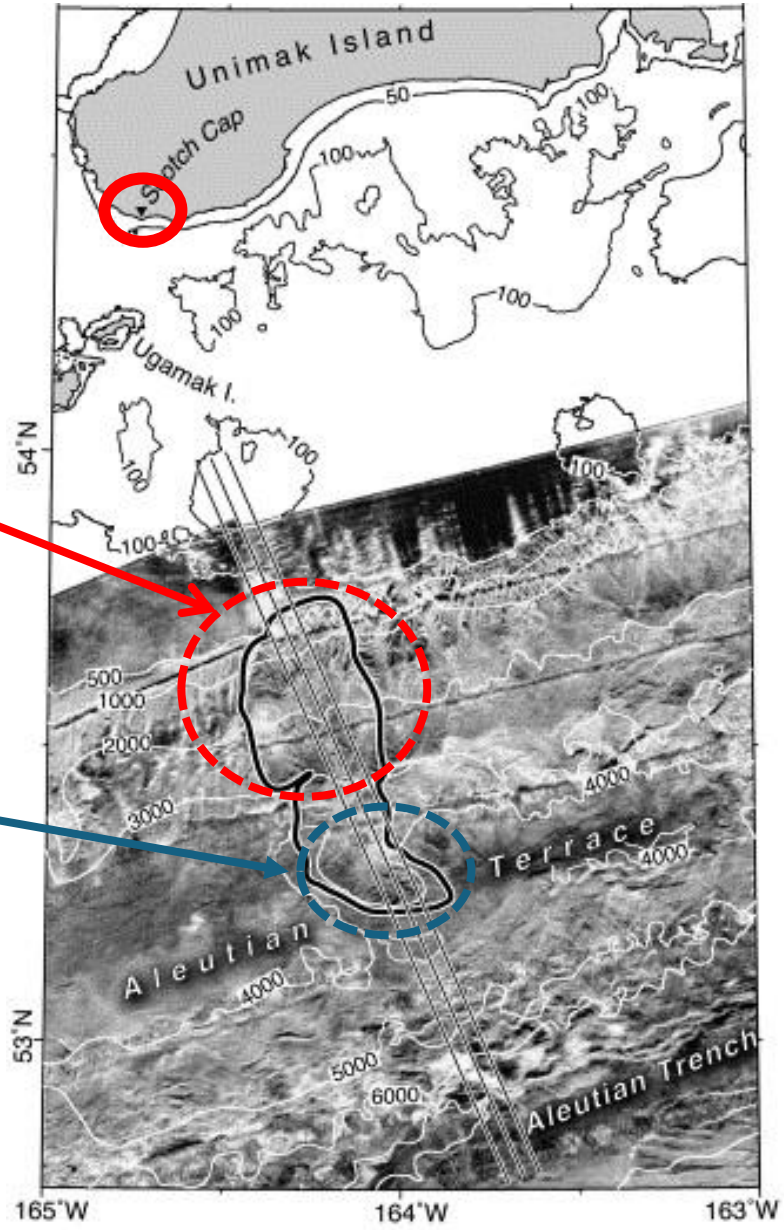


上【57】下【58】出典 : U.S. Coast Guard, National Geophysical Data Center / World Data Service (NGDC/WDS). 2012: NCEI/WDS Natural Hazards Image Database. First. https://doi.org/10.7289/V5154F01. Accessed [2026.1.15].

【59】Used with permission of Oxford University Press - Journals, from Geophysical journal international, Emile A. Okal et al., 158, 2003; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

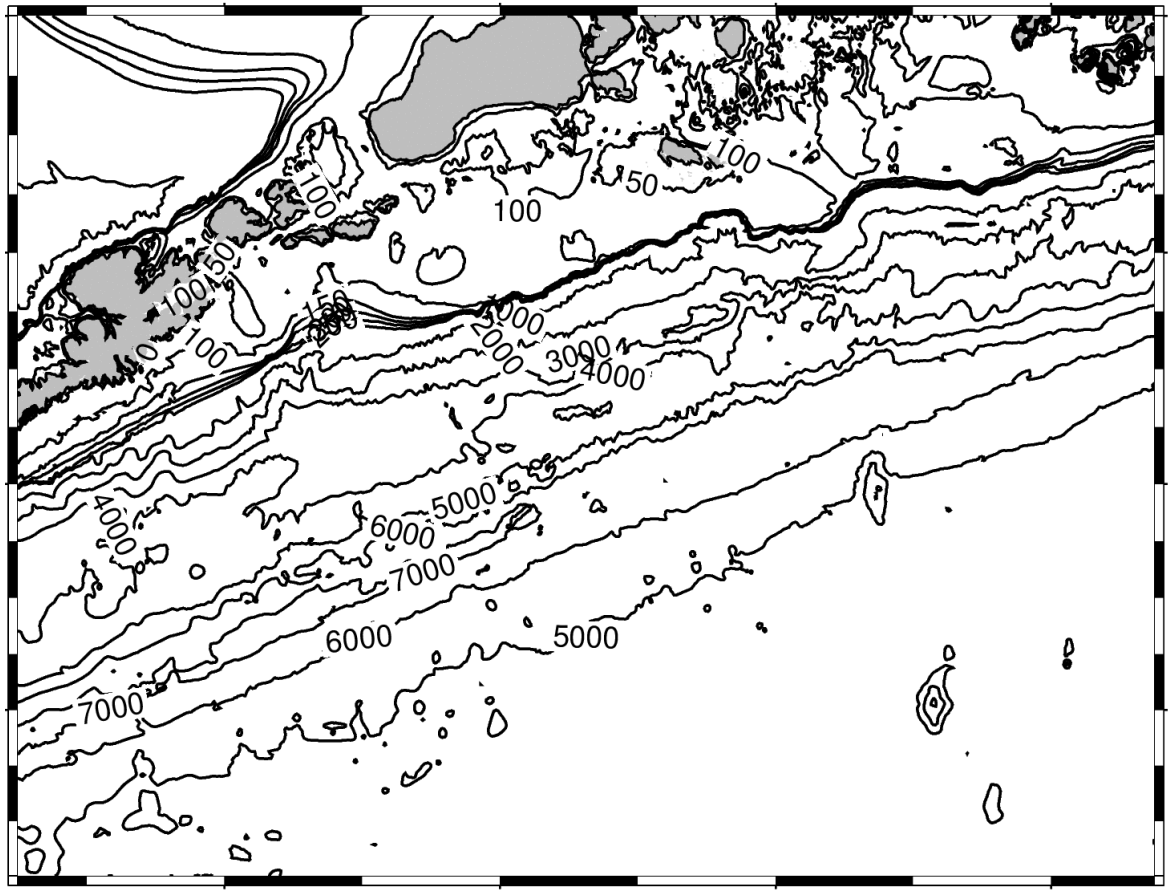
Geological evidences for the landslide

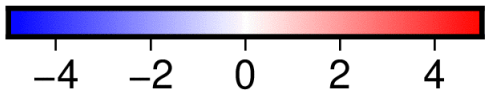
- Landslide scars
  Fryer et al. (2004)
- Landslide deposits
  Fryer et al. (2004) and
  von Huene et al. (2014)



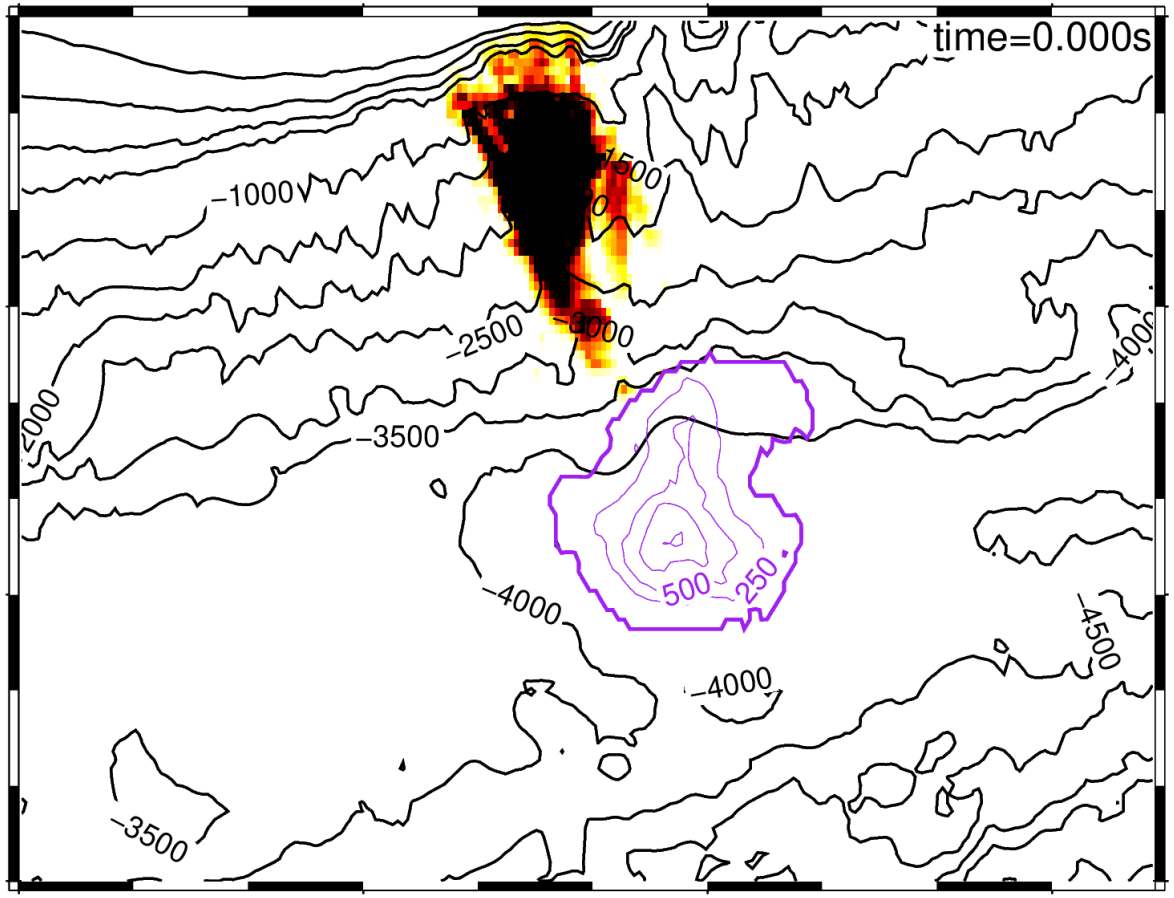
【60】Reprinted from Marine Geology, Vol.203 Issue3-4, Gerard J Fryer, Philip Watts, Lincoln F Pratson, Source of the great tsunami of 1 April 1946: a landslide in the upper Aleutian forearc, 208, 2004, with permission from Elsevier.

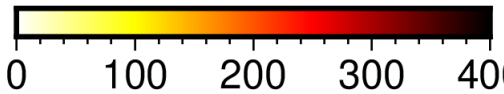
1946 Aleutian tsunami earthquake





Tsunami Height[m]





landslide hickness[m]

1　敷地内活断層・地層断層から活断層であるかを決める

2　プレート境界型巨大地震の断層モデルの策定方法

3　内陸型活断層の断層モデル（規模）の策定手法

震源を特定できない大地震の存在

4　海域活断層の断層モデルの評価

5　海域地震による津波モデルの策定手法

6　地すべりによる津波

出典一覧

No.	ライセンス	出典情報
【40】	‡	「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省） （https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）
【41】	‡	「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省） （https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）
【42】	‡	文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 総括成果報告書」防災科学技術研究所, 2013, 2-2, 図1
【43】	‡	文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 総括成果報告書」防災科学技術研究所, 2013, 2-2, 図2
【44】	‡	文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 総括成果報告書」防災科学技術研究所, 2013, 2-2, 図3
【45】	‡	「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省） （https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）
【46】	‡	「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省） （https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）
【47】	‡	「日本海における大規模地震に関する調査検討会最終報告（概要）」（国土交通省） （https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/gaiyo.pdf）
【48】		CC BY 4.0 / Satake, K., Ishibe, T., Murotani, S., Mulia, I. E., & Gusman, A. R. (2022). Effects of uncertainty in fault parameters on deterministic tsunami hazard assessment: examples for active faults along the eastern margin of the Sea of Japan. Earth, Planets and Space, 74(1), 36.
【49】	‡	Used with permission of Seismological Society of America, from The Bulletin of the Seismological Society of America, Kenji Satake, 103 2B, 2013; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

出典一覧

No.	ライセンス	出典情報
【50】	‡	「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部） （https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）
【51】	‡	「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部） （https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）
【52】	‡	「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部） （https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）
【53】	‡	「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部） （https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）を加工して使用 （一部切り抜き）
【54】	‡	「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」（地震調査研究推進本部） （https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf）（2026年1月14日に利用）
【55】	‡	Reprinted from Advances in Geophysics, Vol.39 , Renata Dmowska. Barry Saltzman., Tsunamigenic Earthquakes and Their Consequences, 102, 1998, with permission from Elsevier.
【56】	‡	Reprinted from International Geophysics, Vol.81 Part A, Kenji Satake, 28 - Tsunamis, 437-451, 2002, with permission from Elsevier.
【57】	‡	U.S. Coast Guard, National Geophysical Data Center / World Data Service (NGDC/WDS). 2012: NCEI/WDS Natural Hazards Image Database. First. https://doi.org/10.7289/V5154F01. Accessed [2026.1.15].
【58】	‡	U.S. Coast Guard, National Geophysical Data Center / World Data Service (NGDC/WDS). 2012: NCEI/WDS Natural Hazards Image Database. First. https://doi.org/10.7289/V5154F01. Accessed [2026.1.15].
【59】	‡	Used with permission of Oxford University Press - Journals, from Geophysical journal international, Emile A. Okal et al., 158, 2003; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

出典一覧

No.	ライセンス	出典情報
【60】	‡	Reprinted from Marine Geology, Vol.203 Issue3-4, Gerard J Fryer, Philip Watts, Lincoln F Pratson, Source of the great tsunami of 1 April 1946: a